

## **Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн үндсэн үзүүлэлтэд цаг агаар болон мал бэлчээрлэлтийн нөлөөлөл**

**Төгсбаярын Батзориг\*, Баясгаланхүүгийн Лянхуа, Эрдэнэбилэгийн Энхмаа, Пүрэвдоржийн Хатансайхан, Нармандахын Энхриймаа, Индрээгийн Түвшинтогтох, Мөнхтөрийн Даваагэрэл**

*Шинжлэх Ухааны Академийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Ургамалжлын экологийн салбар, Улаанбаатар 13330, Монгол улс*

\*И-мэйл: [t.batzorig0223@gmail.com](mailto:t.batzorig0223@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1948-2911>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v7i33.5380>

---

Хүлээн авсан: 15.05.2025

Хянасан: 10.08.2025

Хэвлэлтэнд: 05.09.2025

---

**Хураангуй.** Монгол орны хуурай хээрийн экосистем нь уур амьсгалын өөрчлөлт болон малын бэлчээрлэлт зэрэг олон хүчин зүйлсийн огтлолцолд оршдог эмзэг орчин бөгөөд экосистемийн тогтвортой байдлыг хадгалахад зүйлийн олон янз байдал, бүрхцийн урт хугацааны хөдлөлзүйг судлах нь чухал юм. Энэхүү судалгаанд Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт сумын Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн 2010–2024 оны урт хугацааны өгөгдөлд тулгуурлан, цаг агаарын хүчин зүйл (жилийн температур, хур тунадас), малын тоо толгойн өсөлт нь ургамал бүлгэмдлийн үндсэн үзүүлэлтүүд болох тусгагийн бүрхэц, хагдны бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал, жигд байдалд хэрхэн нөлөөлж буйг бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (SEM)-аар үнэлэв. Судалгааны үр дүнд тусгагийн бүрхэц 3.6–3.7 дахин нэмэгдэж, хагдны бүрхэц бэлчээрлэлттэй талбайд 11.4 дахин буурсан нь ургамал бүлгэмдэл доройтож байгааг илтгэж байна. Ногоон ургамлын бүрхэц нэмэгдсэн нь тоон өөрчлөлт бөгөөд чанарын хувьд эерэг үзүүлэлт биш юм. Харин хагдны бүрхэц буурсан нь бэлчээрийн ургамалд тогтвортой байдал алдагдаж, цаашид ургамал бүлгэмдэл доройтох хандлагатайг илэрхийлж байна. Зүйлийн олон янз байдал буурсан ч статистик ялгаа бага байсан бол зүйлийн жигд байдал нэмэгдэх хандлагатай байв. Бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (SEM)-ын үр дүнгээр бэлчээрлэлт нь олон янз байдалд хамгийн хүчтэй сөрөг нөлөөтэй ( $p < 0.001$ ), харин хур тунадас нь хамгийн хүчтэй эерэг нөлөөтэй ( $p < 0.001$ ) болохыг харуулсан. Мөн температурын өсөлт ургамлын бүрхцэд сөрөг, олон янз байдалд бага зэрэг эерэг нөлөөтэй байв. Эдгээр үр дүн нь уур амьсгалын өөрчлөлт ба бэлчээрлэлтийн нөлөөлөл хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн тогтвортой байдал, бүрхэц, зүйлийн олон янз байдалд хэрхэн шууд болон дам байдлаар нөлөөлж байгааг харуулж, цаашид бэлчээрийн зохистой менежмент, уур амьсгалын өөрчлөгдөлд суурилсан хариу арга хэмжээг төлөвлөхөд суурь мэдээлэл болно.

**Түлхүүр үгс:** Хуурай хээр, мал бэлчээрлэлт, хур тунадас, ургамал бүлгэмдэл, бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (SEM), зүйлийн олон янз байдал.

**Эшлэл авахдаа:** Төгсбаярын Батзориг\*, Баясгаланхүүгийн Лянхуа, Эрдэнэбилэгийн Энхмаа, Пүрэвдоржийн Хатансайхан, Нармандахын Энхриймаа, Индрээгийн Түвшинтогтох, Мөнхтөрийн Даваагэрэл. Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн үндсэн үзүүлэлтэд цаг агаар болон мал бэлчээрлэлтийн нөлөөлөл. Монголын ботаникийн сэтгүүл, 07 (33): 60-72.

---

## Удиртгал

Монгол орны нийт нутгийн 66% нь хээрийн экосистем бөгөөд үүнээс хуурай хээр 22.1%-ийг эзэлнэ (Түвшинтогтох, 2014). Хуурай хээрийн Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат бүлгэмдэл нь ургамал газарзүйн мужлалаар Дундад халх болон Дорнод Монголын хээрийн тойргуудын заагт оршино. Хуурай хээр нь байгалийн өвөрмөц ургамалжил, цаг уурын тогтворгүй нөхцөл, мөн бэлчээрийн эрчимтэй ашиглалт зэрэг олон хүчин зүйлсийн огтлолцолд оршдог эмзэг экосистем юм. Хуурай хээрийн бүс нь зүйлийн бүрдэл, бүтцийн хувьд ихээхэн тогтворгүй тул өөрчлөлтийн зүй тогтлыг урт хугацааны судалгаагаар илрүүлэх нь чухал ач холбогдолтой (Zheng et al., 2012). Хээрийн ургамал бүлгэмдлийн бүтэц бүрэлдэхүүн, зүйлийн олон янз байдал болон ургацын хөдлөлзүйг урт хугацааны турш судлан тогтоох нь экосистемийн тогтвортой байдлыг хангах, уур амьсгалын нөлөөллийг илрүүлэх, мал бэлчээрлэлт, ургамлын зүйлийн олон янз байдлыг хамгаалах зэрэг олон талын ач холбогдолтой судалгаануудыг хийж гүйцэтгэсээр байна.

Өвөр Монголын хуурай хээрт хийсэн судалгаагаар малын бэлчээрлэлт нь ургамлын олон янз байдлыг бууруулж, экосистемийн үйл ажиллагааг доройтуулах гол хүчин зүйл болдог болохыг тогтоосон байна (Zhang et al., 2018). Түүнчлэн, уур амьсгалын хүчин зүйлс болох хур тунадасны бууралт болон температурын өсөлт нь ургамлын бүлгэмдэл дэх зүйлийн бүтэц, бүрхцэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг бөгөөд энэ нь экосистемийн тэнцвэрт байдлыг алдагдуулах эрсдэлтэйг дурдсан байдаг (Liu et al., 2018). Сүүлийн жилүүдэд Монголын хээрийн бүс нутагт хийгдсэн судалгаанууд ч эдгээр өөрчлөлтийг бататгаж байгаа бөгөөд хур тунадас, температур, бэлчээр ашиглалт зэрэг олон хүчин зүйл ургамлын бүлгэмдлийн олон янз байдал, бүрхцийн динамикт хүчтэй нөлөөлж буйг илрүүлсэн (Wang et al., 2023). Энэхүү нөхцөл байдал нь хээрийн бүсийн байгалийн нөөцийн тогтвортой байдлыг хангах оновчтой менежментийн үндэс суурийг бүрдүүлэхэд зориулагдсан цогц судалгааг хийх шаардлагыг улам бүр нэмэгдүүлж байна (Xue et al., 2025).

Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат ургамал бүлгэмдэл нь Монгол орны Дорнод Монгол болон Дундад халхын хээрийн тойргуудын заагт байрлах хуурай хээрийн төлөөлөгч бөгөөд байгаль, нийгэм-эдийн засгийн хувьд ихээхэн ач холбогдолтой бүс нутагт тооцогддог. Сүүлийн жилүүдэд уур амьсгалын өөрчлөлтөөс үүдэлтэй хур тунадасны өөрчлөлт, температурын өсөлт, мөн малын тоо толгойн өсөлт зэргээс шалтгаалан хээрийн ургамалжилд үзүүлэх хүний болон байгалийн хүчин зүйлсийн нөлөө эрчимжиж байна. Үүний улмаас экосистемийн бүтэц, зүйлийн олон янз байдал, ургамлын бүрхцийн динамик өөрчлөгдөж, тэнцвэр алдагдах эрсдэл нэмэгдэж буй тул эдгээр хүчин зүйлсийн нөлөөг урт хугацааны өгөгдөл дээр үндэслэн системтэйгээр судлах шаардлага улам нэмэгдсээр байна. Монгол орны хуурай хээрийн экосистемийн тогтвортой байдал уур амьсгалын өөрчлөлт болон малын бэлчээрлэлтээс хэрхэн хамаарч байгаа нь тодорхойгүй хэвээр байна. Малын тоо толгой нэмэгдэхийн хэрээр ургамлын бүрхэц болон олон янз байдалд ямар өөрчлөлт гарах вэ? Уур амьсгалын хүчин зүйлс болох температур, хур тунадас нь ургамлын

бүлгэмдлийн бүтцэд ямар хэмжээнд нөлөөлдөг вэ? Эдгээр хүчин зүйлсийн шууд болон дам нөлөөний уялдаа холбоо нь ургамлын бүлгэмдлийн тогтвортой байдалд хэрхэн тусч байна вэ? Иймд бид энэхүү судалгаагаар Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат ургамал бүлгэмдлийн үндсэн үзүүлэлтүүд болох тусгагийн бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал, жигд байдал зэрэгт цаг агаарын (хур тунадас, температур) болон мал бэлчээрлэлтийн үзүүлэх нөлөөг үнэлэх, эдгээр хүчин зүйлсийн харилцан хамаарлыг бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (SEM) ашиглан тодорхойлох зорилгоор дараах зорилтуудыг тавьж ажиллалаа. Үүнд:

1. Хуурай хээрийн ургамалжлын мониторингийн өгөгдөлд тулгуурлан ургамлын тусгагийн бүрхэц, хагдны бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал, жигд байдлын 2010-2024 онуудын хөдлөлзүйг тодорхойлох.

2. Цаг агаарын өгөгдөл болон малын тоо толгойн мэдээг ашиглан эдгээр хүчин зүйлсийн ургамлын бүлгэмдэлд үзүүлэх хамаарлыг илрүүлэх.

3. Бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (Structural Equation Modeling) аргаар олон хүчин зүйлт хамаарлыг нэгтгэн загварчлах, шууд ба шууд бус нөлөөллийг илрүүлэх.

### **Судалгааны материал, аргазүй**

#### **Судалгааны талбай.**

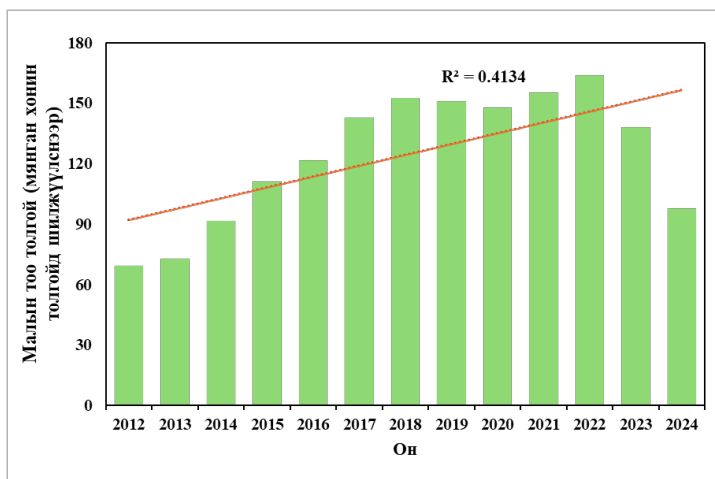
Бид энэхүү судалгааг ШУА-ийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэнгийн Ургамалжлын экологийн салбарын хуурай хээрийн урт хугацааны мониторингийн судалгааны сууринд хийж гүйцэтгэсэн. Тус судалгааны суурин нь Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт сумаас зүүн хойш 12 км-т ХӨ 47°40'53.8", ЗУ 112°24'32.5", дтд 932 м-т Талын шандын хөндийд орших ба Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдэл бүхий судалгааны талбай юм.

Энэ судалгаанд Түмэнцогт сумын цаг уурын станцын мэдээг авч ашиглалаа. Судалгаа явуулсан 2010-2024 онуудын цаг агаарын мэдээгээр жилийн дундаж агаарын температур 2.2°C, жилийн нийлбэр хур тунадас 281.3 мм байна. Ургамал ургалтын хугацаа буюу 5-9 сарын дундаж агаарын температур 16.4°C, хур тунадасны нийлбэр 239.5 мм байна. Хуурай хээрийн бүс нутагт дийлэнх хур тунадас ургамал ургалтын хугацаанд буюу 5-9 сарын хооронд унадаг (Зураг 1).



Зураг 1. Судалгааны үеийн климадиаграм (2010-2024 он)

Судалгааны талбай нь засаг захиргааны нэгжийн хувьд Сүхбаатар аймгийн Түмэнцогт сумын Лхүмбэ багт харьяалагдах бөгөөд тус багийн 2012-2024 онуудын нийт малын тоо толгойн мэдээллийг ашиглалаа. Лхүмбэ багийн малын тоо толгой 2012 оноос 2024 он хүртэл тасралтгүй өсч, ялангуяа 2022 онд хамгийн их хэмжээнд хүрч байна. Судалгааны жилүүдэд малын тоо толгой өсөх хандлагатай байна ( $R^2 = 0.41$ , Зураг 2).



Зураг 2. Түмэнцогт сумын Лхүмбэ багийн малын тоо толгой

### Судалгааны аргазүй

Ургамалжлын урт хугацааны мониторинг судалгааг явуулахдаа шугам цэгийн арга (LPI буюу Line point intercept)-ыг ашигласан (Transley and Chipp, 1926) бөгөөд энэ нь тодорхой урттай трансектын дагуу хөрсийг бүрхэж буй ургамал, хагд, чулуу болон биологийн царцдас зэргийг бодитой, хурдан тоолох арга юм. Ургамалжлын мониторинг судалгааг жил бүрийн 7 дугаар сарын 15-ны өдрөөс



– 2 хооронд бол ядмаг, 2 – 3 бол дунд, 3 – 4 бол сайн 4 – 5 бол өндөр зүйлийн баялагтай гэж үздэг.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

$p_i$ –түүвэрт буй аливаа зүйл;  $i$ –зүйлд хамаарах магадлал

Жигд байдал. Бүлгэмдэл дэх зүйлүүдийн харьцангуй элбэгшил нь бүлгэмдэл дэх ургамлын зүйлийн жигд байдлыг илэрхийлдэг математик утга бөгөөд Pielou's evenness index-ийг (Pielou, 1975) ашиглан тодорхойлов. Бүлгэмдэл дэх зүйлүүдийн жигд байдал нь 0 - 1-ийн хооронд хэлбэлзэх ба 0.5-аас доош бол тэнцвэр алдагдсан, 0.5 - 0.8 хооронд бол хагас тэнцвэртэй, 0.8 - 0.9 бол тэнцвэртэй гэж үздэг.

$$E = H / \ln S \quad (6)$$

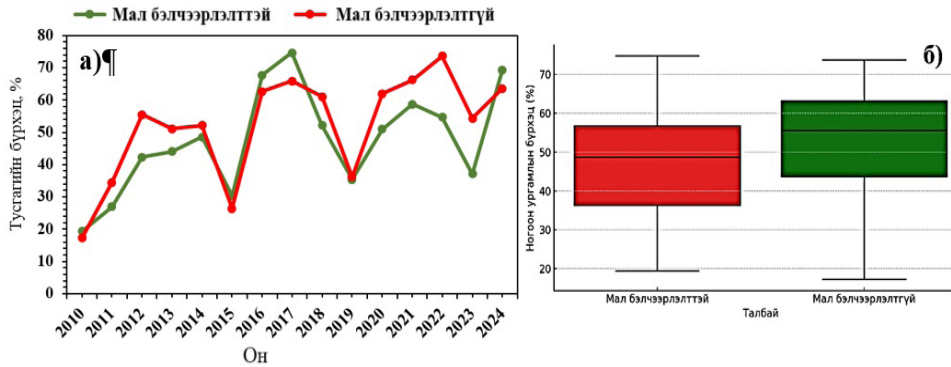
Үүнд: E- жигд байдлын индекс  
H – зүйлийн олон янз байдлын индекс  
S- зүйлийн тоо

### Статистик анализ.

Цуглуулсан мэдээллийн дата боловсруулалтыг IBM SPSS 22, AMOS 21 статистикийн программ ашиглан тооцоолов. Ургамал бүлгэмдлийн тусгагийн бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал, жигд байдлын индексийн он хооронд болон мал бэлчээрлэлттэй, бэлчээрлэлтгүй талбай хоорондын ялгааг OneWayANOVA-аар шалгаж статистикийн хувьд ялгаатай эсэхийг шалгасан. Бид бүтцийн тэгшитгэлийн загварчлалын шинжилгээгээр (structural equation modeling - SEM) ургамал бүлгэмдлийн тусгагийн бүрхэц, хагдны бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал болон зүйлийн жигд байдлын индексд цаг уурын хүчин зүйлс болон мал бэлчээрлэлтийн шууд болон шууд бус нөлөөллийг тодорхойлсон.

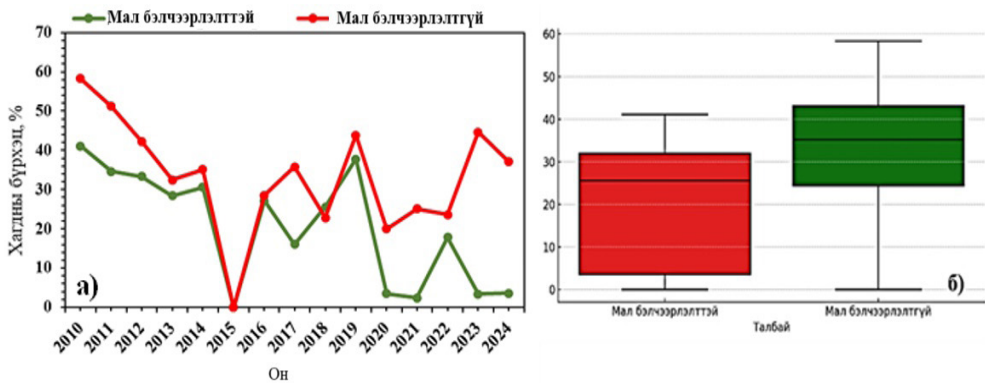
### Судалгааны үр дүн

Тусгагийн бүрхэц. Бүлгэмдлийн тусгагийн бүрхцийн хөдлөлзүйг 2010-2024 оны хугацаанд авч үзэхэд мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2010 онд 19.3% байсан бол 2024 онд 69.4% болж 3.6 дахин нэмэгдсэн, харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2010 онд 17.2% бол 2024 онд 63.6% болж 3.7 дахин нэмэгдсэн (Зураг 4а). Мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2017 онд тусгагийн бүрхэц хамгийн өндөр (74.7%) харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2022 онд хамгийн өндөр (73.7%) байна. Тусгагийн бүрхэц нь он хооронд статистик ялгаатай ( $p < 0.05$ ;  $F = 4.254$ ) бол мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд мөн статистик ялгаатай байна ( $p < 0.05$ ;  $F = 2.811$ ; Зураг 4а, б).



**Зураг 4.** Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн 2010-2024 оны мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн тусгагийн бүрхэц. а) Тусгагийн бүрхэцийн 2010-2024 оны хөдлөлзүй, б) Мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн олон жилийн дундаж тусгагийн бүрхэц

Хагд өвсний тусгагийн бүрхэц. Хагдны тусгагийн бүрхэц нь мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2010 онд 41.1% байсан бол 2024 онд 3.6% болж 11.4 дахин буурсан, харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2010 онд 58.3% байсан бол 2024 онд 37.1% болж 1.6 дахин буурсан. Мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2010 онд тусгагийн бүрхэц хамгийн өндөр (41.1%), харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2010 онд хамгийн өндөр (58.3%) байна. Хагдны тусгагийн бүрхэц нь он хооронд статистик ялгаатай ( $p < 0.05$ ;  $F = 3.114$ ) бол мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд мөн статистик ялгаатай ( $p < 0.05$ ;  $F = 0.752$ ) байна (Зураг 5а, б).

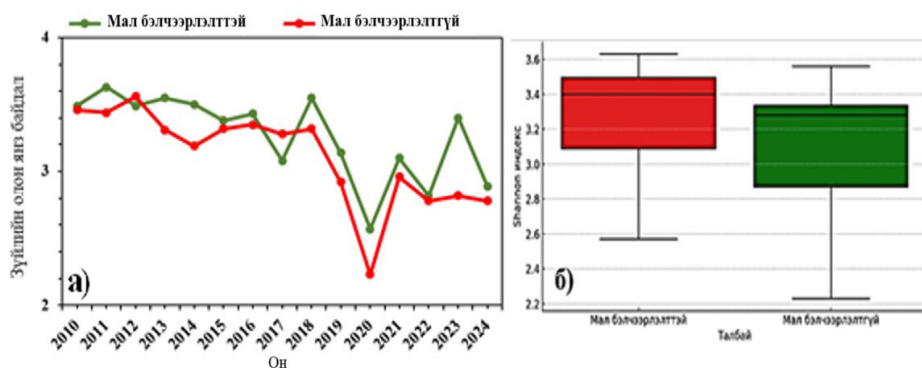


**Зураг 5.** Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрийн бүлгэмдлийн

2010-2024 оны мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн хагдны тусгагийн бүрхэц, а) Хагдны тусгагийн бүрхэцийн 2010-2024 оны хөдлөлзүй, б) Мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн олон жилийн дундаж хагд өвсний тусгагийн бүрхэц

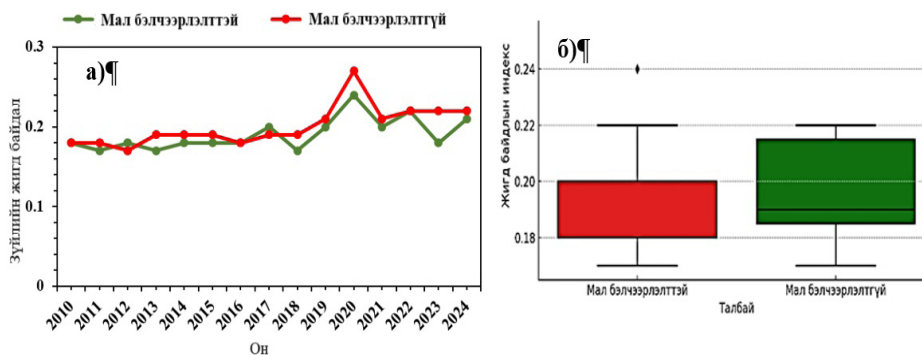
Зүйлийн олон янз байдал. Зүйлийн олон янз байдал нь мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2010 онд 3.5 байсан бол 2024 онд 2.8 болж 1.2 дахин буурсан, харин мал

бэлчээрлэлтгүй талбайд 2010 онд 3.5 бол 2024 онд 2.7 болж 1.3 дахин буурсан. Мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2011 онд зүйлийн олон янз байдал хамгийн өндөр ( $H'=3.6$ ) харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2012 онд хамгийн өндөр ( $H'=3.6$ ) байна. Зүйлийн олон янз байдал нь он хооронд статистик ялгаагүй ( $p>0.05$ ;  $F=0.014$ ) бол мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд мөн статистик ялгаагүй ( $p>0.05$ ;  $F=0.841$ ) байна (Зураг 6а, б).



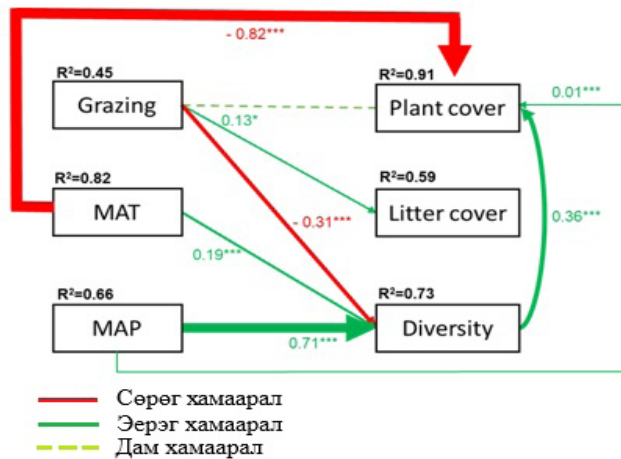
**Зураг 6.** Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрийн бүлгэмдлийн 2010-2024 оны мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн зүйлийн олон янз байдал, а) Зүйлийн олон янз байдлын 2010-2024 оны хөдлөлзүй, б) Мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн олон жилийн дундаж зүйлийн олон янз байдал

Зүйлийн жигд байдал. Зүйлийн жигд байдал нь мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2010 онд 0.17 байсан бол 2024 онд 0.21, мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2010 онд 0.18 бол 2024 онд 0.22 болж нэмэгдсэн хөдлөлзүй ажиглагдаж байна. Мал бэлчээрлэлттэй талбайд 2020 онд зүйлийн жигд байдал хамгийн өндөр ( $E=0.24$ ), харин мал бэлчээрлэлтгүй талбайд 2020 онд хамгийн өндөр ( $E=0.27$ ) байна. Зүйлийн жигд байдал нь он хооронд статистик ялгаатай ( $p<0.05$ ;  $F=7.916$ ), мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд мөн статистик ялгаатай ( $p<0.05$ ;  $F=5.037$ ) байна (Зураг 7а, б).



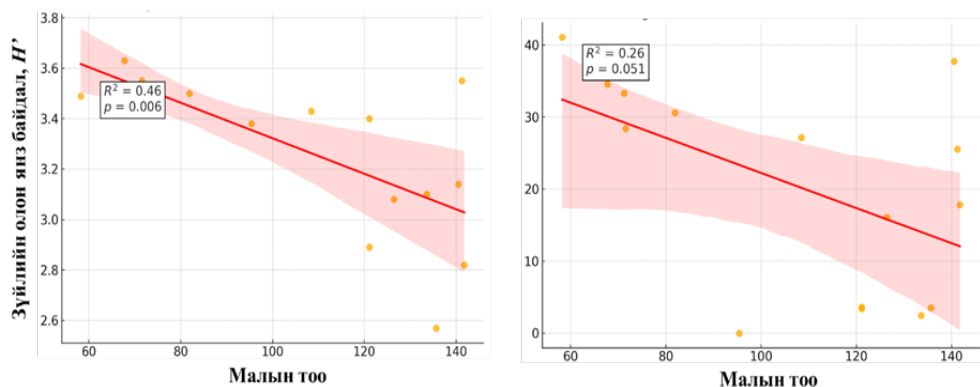
**Зураг 7.** Алаг өвс-нангиад түнгэ-том хялганат хуурай хээрийн бүлгэмдлийн 2010-2024 оны мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн зүйлийн жигд байдал, а) Зүйлийн жигд байдлын 2010-2024 оны хөдлөлзүй, б) Мал бэлчээрлэлттэй болон бэлчээрлэлтгүй талбайн зүйлийн жигд байдал

Бүлгэмдлийн бүтцэд орчны хүчин зүйлсийн үзүүлэх нөлөө. Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат хуурай хээрийн бүлгэмдлийн үндсэн шинжүүдэд малын тоо болон цаг агаарын хүчин зүйлсийн нөлөөг үнэлэх зорилготойгоор бүтцийн тэгшитгэлийн загвар (SEM)-ыг боловсруулсан. Бүтцийн тэгшилгэлийн загварчлалын (SEM) нь мал бэлчээрлэлт (Grazing), жилийн дундаж температур (MAT), болон жилийн нийлбэр хур тунадас (MAP) зэрэг хүчин зүйлүүд ургамлын бүлгэмдлийн бүрхэц (Plant cover), хагд өвсний бүрхэц (Litter cover), зүйлийн олон янз байдал (Diversity) зэрэг үзүүлэлтүүдэд хэрхэн шууд болон дам замаар нөлөөлж байгааг харуулж байна (Зураг 8). Мал бэлчээрлэлт нь зүйлийн олон янз байдалд маш хүчтэй сөрөг нөлөөтэй ( $p < 0.001$ ) байна. Энэ нь мал бэлчээрлэлт нэмэгдэх тусам зүйлийн олон янз байдал огцом буурч байгааг илтгэнэ. Харин агаарын дундаж температур нь олон янз байдалд эерэг нөлөөтэй ( $p < 0.01$ ) харин нийт ногоон ургамлын бүрхэцэд шууд хүчтэй сөрөг нөлөөтэй байна. Харин жилийн нийлбэр хур тунадас нь зүйлийн олон янз байдалд хамгийн хүчтэй эерэг нөлөө ( $p < 0.001$ ) үзүүлж байгаа бөгөөд мөн нийт ногоон ургамлын бүрхэцэд эерэг нөлөөтэй ( $p < 0.05$ ), хагдны бүрхэцэд бага зэрэг эерэг нөлөөтэй ( $p < 0.01$ ) байна. Энэхүү SEM шинжилгээний дүнгээс харахад, мал бэлчээрлэлт нь ургамлын олон янз байдалд хамгийн хүчтэй сөрөг нөлөөтэй бол, хур тунадас нь хамгийн хүчтэй эерэг нөлөөтэй байна. Мөн мал бэлчээрлэлт нь зүйлийн олон янз байдалд шууд сөргөөр нөлөөлснөөр цаашлаад нийт ногоон ургамлын бүрхэцэд дам нөлөөг үзүүлж байна. Үүнээс үзэхэд хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдэл дэх бэлчээрлэлтийн нөлөөг бууруулснаар цаг агаарын хүчин зүйлстэй хавсран үзүүлэх нөлөөллийг бууруулж зүйлийн олон янз байдлыг хамгаалах боломжтойг энэхүү загварчлал харуулж байна.



**Зураг 8.** Хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн бүтцэд орчны хүчин зүйлсийн үзүүлэх нөлөөг бүтцийн тэгшитгэлийн загварчлалын (SEM) аргаар шалгасан дүн. Grazing-мал бэлчээрлэлтийн нөлөө, MAT-жилийн дундаж агаарын температур, MAP-жилийн нийлбэр хур тунадас, Plant cover- нийт ногоон ургамлын бүрхэц, Litter cover- хагд өвсний бүрхэц, Diversity- зүйлийн олон янз байдал. \* тэмдэглэгээнүүд нь статистик утгыг илэрхийлнэ. \* нь  $p < 0.05$  буюу утга учиртай ялгааг, \*\* нь  $p < 0.01$  буюу өндөр түвшний ялгааг, \*\*\* нь  $p < 0.001$  буюу маш итгэлтэй ялгааг тус тус илтгэнэ.

Мал бэлчээрлэлттэй талбайд хийсэн шугаман регрессийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад, малын тоо толгойн өсөлт нь ургамлын олон янз байдлыг бууруулж ( $R^2 = 0.46$ ,  $p = 0.006$ ) харин хагд өвсний бүрхцийн хувьд мөн сөрөг хандлага ажиглагдсан боловч хамаарал нь бага ( $R^2 = 0.26$ ,  $p = 0.051$ ) байна. Ийнхүү малын тоо нэмэгдэх нь ургамлын олон янз байдал болон хагд өвсний бүрхцийн бууралтад сөргөөр нөлөөлж байгааг харуулж байна (Зураг 9).



**Зураг 9.** Хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдал, хагд өвсний тусгагийн бүрхцэд малын тооны нөлөөллийг шалгасан регрессийн үр дүн

### Хэлэлцүүлэг

Бидний судалгаагаар хуурай хээрийн Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат ургамал бүлгэмдлийн зүйлийн олон янз байдалд хамгийн хүчтэй нөлөөлж буй хүчин зүйл нь мал бэлчээрлэлт болох нь бүтцийн тэгшилгэлийн загварчлалын (SEM) шинжилгээгээр тодорхой болж, бэлчээрлэлтийн нөлөөлөл нэмэгдэх тусам зүйлийн олон янз байдал огцом буурч байгааг илтгэлээ. Энэ үр дүн нь Хятадын Өвөр Монголын хээрт Zhang et al. (2018) хийсэн судалгаа болох хэт их бэлчээрлэлт нь ургамлын олон янз байдлыг бууруулж, экосистемийн бүтээмжийн чадамжид сөргөөр нөлөөлдөг болохыг тогтоосон үр дүнтэй нийцэж байна.

Мөн жилийн хур тунадас нь зүйлийн олон янз байдалд хамгийн хүчтэй эерэг нөлөөтэй байгаа нь хур тунадас нь хуурай хээрийн ургамал бүлгэмдэлд чухал үүрэгтэйг харуулж байна. Liu et al. (2018) өөрсдийн судалгаандаа хур тунадасны хэвийн бус бууралт нь бэлчээрлэлттэй хослон ургамлын бүрхэц, зүйлүүдийн үүрэг оролцоо, болон биомасст сөрөгөөр нөлөөлж буйг тодорхойлсон нь бидний судалгааны үр дүнтэй нийцэж байна.

Температурын нөлөөг авч үзвэл зүйлийн олон янз байдалд статистикийн хувьд бага зэрэг эерэг нөлөөтэй ч нийт ногоон ургамлын бүрхцэд сөрөг нөлөөтэй байна. Энэ нь дулаарал бүрхцийг бууруулж, бүлгэмдэл дэх зүйлийн өрсөлдөөн болон хуурайшлын стресст өртөмтгий болгож буйг илэрхийлж байна.

Нийт ногоон ургамлын бүрхэц нь зүйлийн олон янз байдалд үзүүлж буй дам нөлөөг харвал, ургамлын бүрхэц нь бүлгэмдлийн бүтэц төдийгүй, экосистемд гол үүрэгтэй үзүүлэлт болохыг илэрхийлж байна. Энэ үр дүн нь олон улсын судлаачдын тогтоосончлон, ургамлын бүлгэмдлийн үзүүлэлтүүд нь экологийн олон талт үйл ажиллагааны үндэс суурь болдог гэсэн ойлголтыг баталж байна (Wang et al., 2023). Малын тоо толгой нэмэгдэхийн хэрээр ургамлын олон янз байдал мэдэгдэхүйц буурч байгаа нь малын бэлчээрлэлт ургамлын зүйлийн бүрдэлд сөргөөр нөлөөлж байгааг харуулж байна. Мөн хагд өвсний бүрхэц буурч байгаа нь бэлчээрлэлтээс үүдэн ургамлын биомассын хуримтлал буурч, хөрсний бүтцэд сөргөөр нөлөөлөх магадлалтай.

### Дүгнэлт

Судалгааны үр дүнд хуурай хээрийн Алаг өвс–нангиад түнгэ–том хялганат ургамал бүлгэмдлийн бүтэц, зүйлийн олон янз байдал болон бүрхцийн хөдлөлзүй нь цаг агаарын өөрчлөлт, малын тоо толгойн өсөлттэй шууд хамааралтайгаар мэдэгдэхүйц өөрчлөгдөж байгааг тогтоов. 2010–2024 оны урт хугацааны өгөгдөлд үндэслэн хийсэн статистик шинжилгээгээр тусгагийн бүрхэц, хагдны бүрхэц, зүйлийн жигд байдал зэрэг нь он хооронд болон бэлчээрлэлттэй, бэлчээрлэлтгүй талбай хооронд статистикийн хувьд ялгаатай ( $p < 0.05$ ) бол зүйлийн олон янз байдал харьцангуй тогтвортой байсан ч ерөнхий буурах хандлагатай байв.

Бүтцийн тэгшитгэлийн загварчлалаар хийсэн үнэлгээнээс харахад Монгол орны хуурай хээрийн бүсэд экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хадгалахад бэлчээрийн зохистой менежмент хэрэгжүүлэх болон уур амьсгалын өөрчлөлтөд ургамлын бүрхэц, зүйлийн олон янз байдал зэрэг нь буурах хандлагатай байгааг анхаарч авч үзэх шаардлагатай байна. Хэт их бэлчээрлэлтийн нөлөөгөөр доройтсон ургамал бүлгэмдийг нөхөн сэргээхийн тулд доройтлын зэргээс нь шалтгаалан тодорхой хугацаанд хашиж хамгаалах, бэлчээрийг өнжөөж ашиглах, малын тоо толгойг багасгах зэргээр байгалийн аясаар нөхөн сэргээх менежментийг хэрэгжүүлэх боломжтой. Урт хугацааны мониторингийн судалгаа болон олон хувьсагчийг хамарсан бүтцийн шинжилгээ нь хуурай хээрийн эмзэг экосистемд тулгарч буй асуудлуудыг илүү өргөн хүрээтэй, уялдаа холбоотойгоор тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой юм.

**Эшилсэн бүтээл**

- Baasanmunkh, S., Urgamal, M., Oyuntsetseg, B., Sukhorukov, A. P., Tsegmed, Z., Son, D. C., ... & Choi, H. J. (2022). Flora of Mongolia: annotated checklist of native vascular plants. *PhytoKeys*, 192, 63. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.192.79702>
- Foster, B. L., Smith, V. H., Dickson, T. L., & Hildebrand, T. (2002). Invasibility and compositional stability in a grassland community: relationships to diversity and extrinsic factors. *Oikos*, 99(2): 300-307. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.990210.x>
- Gotteli N.J, & Ellison A.M. (2013). A primer of ecological statistics (Gotelli N.J & Ellison A.M, Eds.).
- Liu, Y., Wang, C., Wang, R., & Bai, Y. (2018). Grazing effect on grasslands escalated by abnormal precipitations in Inner Mongolia. *Ecology and Evolution*, 8(19), 9606–9616. <https://doi.org/10.1002/ece3.4331>
- Nolan, K. A., & Callahan, J. E. (2005). *Beachcomber Biology: The Shannon-Weiner Species Diversity Index*. 27, 334–338.
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity* (Vol. 8). John Wiley & Sons.
- Tansley, A.G. & T.F. Chipp, 1926. *Aims and methods in the study of vegetation*. London.
- Zhang, Y., Wang, C., & Wang, R. (2018). Grazing induced changes in plant diversity is a critical factor controlling grassland productivity in the Desert Steppe, Northern China. *Forest Ecology and Management*, 429, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.014>
- Zheng, S., Ren, H., Li, W., Lan, Z. (2012). Scale-Dependent Effects of Grazing on Plant C: N: P Stoichiometry and Linkages to Ecosystem Functioning in the Inner Mongolia Grassland. *PLoS ONE*, 7(12): e51750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051750>
- Wang, C., Yu, W., Ma, L., Ye, X., Erdenebileg, E., Wang, R., ... & Liu, G. (2023). Biotic and abiotic drivers of ecosystem multifunctionality: Evidence from the semi-arid grasslands of northern China. *Science of The Total Environment*, 887, 164158. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164158>
- Xue, C., Lv, S., Wu, Y., Yun, J., Dong, R., & Wang, W. (2025). Effects of different grazing intensities on plant species diversity at different spatial scales in a desert steppe in Inner Mongolia. *PeerJ*, 13, e19087. <https://doi.org/10.7717/peerj.19087>
- Түвшинтогтох И. 2014. Монгол орны хээрийн ургамалжил. Улаанбаатар: Бэмби сан.

## Effects of climate and grazing on the main parameters of the *Stipa grandis*- *Leymus chinensis*- forb vegetation community in the Typical steppe, Mongolia

**Batzorig Tugsbayar\***, Lyankhua Bayasgalankhuu, Enkhmaa Erdenebileg, Khatansaikhan Purevdorj, Enkhriimaa Narmandakh, Tuvshintogtokh Indree, Davaagerel Munkhtur

*Botanic Garden and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia*

\*E-mail: [t.batzorig0223@gmail.com](mailto:t.batzorig0223@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1948-2911>

---

Received: 15.05.2025

Revised: 10.08.2025

Accepted: 05.09.2025

---

**Abstract:** The typical steppe ecosystem is a sensitive environment at the intersection of many factors, including climate change and livestock grazing, and studying the long-term dynamics of species diversity and cover is important for maintaining ecosystem stability. In this study, based on long-term data from 2010–2024 for the *Stipa grandis*- *Leymus chinensis*-forb typical steppe plant community in Tumentsogt soum, Sukhbaatar province, the effects of climatic factors (annual temperature and precipitation) and livestock population growth affect the main plant community indicators, such as foliar cover, litter cover, species diversity, and evenness were evaluated using a Structural Equation Model (SEM). The study results showed that cover increased by 3.6–3.7 times and litter cover decreased by 11.4 times in grazed areas, indicating that the plant community is deteriorating. The increase in green plant cover is a quantitatively positive indicator. In contrast, the decrease in litter cover suggests a loss of stability in pasture vegetation, indicating a tendency toward further degradation of the plant community. Although species diversity decreased, the statistical difference was small, but evenness tended to increase. Structural equation modeling (SEM) results showed that grazing had the strongest negative effect on diversity ( $p < 0.001$ ), while precipitation had the strongest positive effect ( $p < 0.001$ ). Also, temperature increase had a negative effect on plant cover and a slightly positive effect on diversity. These results demonstrate how climate change and grazing impacts directly and indirectly affect the stability, cover, and species diversity of typical steppe plant communities and provide a basis for future planning of appropriate pasture management and climate change-based responses.

**Keywords:** Typical steppe, grazing, precipitation, plant community, structural equation modelling, biodiversity

---

© The Author(s). 2025 Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.